

明細書

遮音・吸音構造体、並びにこれらを適用した構造物

5

技術分野

本発明は、弾性反発力により音を遮断し、弾性損失により音を吸収する遮音・吸音構造体、遮音・吸音装置並びにこれらを適用した構造物及びこれを構成する部材に関する。

10

背景技術

単層壁の遮音性能は、質量が大きいほど向上する。そのため、音の遮断にはコンクリート壁、ブロック壁、煉瓦壁、鉛、鉄板など質量の大きな材料が用いられる。壁の遮音性能を示す指標として音響透過損失が用いられる。単層壁に、音が壁面に対して垂直に入射したときの単層壁の音響透過損失TLは次に示す式(1)で表される。

15

$$TL = 10 \log_{10} \left[\left(\frac{r}{2\rho_0 c_0} + 1 \right)^2 + \left(\frac{\omega m - Y/\omega}{2\rho_0 c_0} \right)^2 \right] \quad (1)$$

ここで、 ω は角周波数、 ρ_0 は空気の密度、 c_0 は空気の音速、 r は壁の厚み方向の粘性抵抗、 m は壁の質量、 Y は壁の厚み方向の弾性率である。

第16図に式(1)より求めた音響透過損失TLを対数周波数に対して示す。ここで、 f_r は次の式(2)に示す壁の厚み方向の共振周波数である。

25

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Y}{m}} \quad (2)$$

音響透過損失TLは、共振周波数 f_r より高周波数側で6dB/octで周波数に比例する。この領域は、式(1)の質量を含む項に起因し、質量則と言われる。一方、共振周波数 f_r より低周波数側では音響透過損失TLは-6dB/octで周波数に反比例する。この領域は、式(1)の弾性率を含む項に起因し、一般にス

ティフネス制御といわれる。

従来の手法では、共振周波数 f_r は低周波領域に設けられている。そのため、可聴域での遮音壁の遮音性能は質量則に依存するので、壁の遮音性能は低周波音になるにつれて劣化する。厚み（面密度）を増すことによって遮音性能を上げることはできるが、2 倍にしたところで音響透過損失の増加は高々 6 d B である。また、面密度の小さな膜や板は遮音性能を殆ど有しないとされる。一方、原理的には、共振周波数 f_r より低周波の音に対しては、壁の弾性の作用によって遮音することができる。

10 このように、従来用いられる遮音方法の問題点として、低周波音になるにつれて遮音性能が劣化すること、遮音性能が面密度に依存し、集合住宅、交通機関などでは遮音対策を施すには限界が生じることが指摘されている。

スティフネス制御を利用した遮音方法は、質量によらないので、これまで十分に遮音対策を施せなかった場所に遮音対策を施すことが可能なだけでなく、低周波音に対する遮音が期待される。しかしながら、スティフネス制御を利用した遮音・吸音構造体は未だ実用化されていない。

そこで、スティフネス制御を視野に入れた遮音・吸音構造体として、枠体の両面に設けられた表面材とこれらの表面材の内側に充填された吸音材とからなり、透過損失周波数特性におけるスティフネス領域が、表面材の面密度と表面材の間隔で決まる共鳴透過周波数よりも高い周波数まで達するように表面材の剛性を大きくするため表面材を曲面状にした遮音構造体及び遮音吸音複合構造体が知られている（例えば、特開平 5 - 9 4 1 9 5 号公報参照）。

25 また、枠体の両側に取り付けられた表面材とこれらの表面材の間に充填された吸音材とから構成され、枠体と表面材とで囲まれた空間を加圧または減圧することによって表面材を湾曲させ、剛性を高めると共に表面材の振動を抑えることにより、共鳴透過による遮音欠損を防ぐようにした遮音構造体が知られている（例えば、特開平 6 - 1 6 1 4 6 3 号公報参照）。

更に、外周部が固定され圧電性を有する圧電性物質と、この圧電性物質の両対面に設けた一対の電極と、この電極間を接続する負性容量回路とを備え、圧電性物質は湾曲した平板状であり、かつ負性容量回路の電気的特性が可変に構成され、

これにより圧電性物質の弾性率及び損失率を変化させる可変吸音装置が知られている（例えば、特開平 1 1 - 1 6 1 2 8 4 号公報参照）。

しかし、特開平 5 - 9 4 1 9 5 号公報又は特開平 6 - 1 6 1 4 6 3 号公報に記載の発明は、面ずりの変形すなわち剛性を上げて遮音壁の曲げ共振によって生じる音響透過、いわゆるコインデンスを抑制するための手法であり、この曲げの共振周波数は、先に述べた厚み方向の共振周波数 f_r と別に、質量制御領域に見られる面ずり変形によるものである。従って、スティフネス制御による遮音を達成するためには共振周波数 f_r にすなわち面密度と面内伸縮の弾性について議論をする必要があるが、これらの発明は、共振周波数 f_r を取り扱っておらず我々の課題を解決するものではない。

また、特開平 1 1 - 1 6 1 2 8 4 号公報に記載の発明は、原理的に膜を湾曲させると音の減衰量を増大させることが出来ることを述べている。しかしながら、共振周波数 f_r 以下では、膜の弾性反発力（スティフネス制御）による遮音が達成されること、遮音性能が膜の質量、周囲の長さ、弾性率および張力に依存すること、およびこれを考慮した遮音・吸音構造体について述べておらず、我々の課題を解決するものではない。

本発明は、従来の技術が有するこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、スティフネス制御によって音を遮断又は吸収することができる遮音・吸音構造体、遮音・吸音装置並びにこれらを適用した構造物及びこれを構成する部材を提供しようとするものである。

発明の開示

上記課題を解決すべく請求の範囲第 1 項に係る発明は、ポリマーフィルムや金属箔などの膜部材をドーム形状、かまぼこ形状や円錐形状などの曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の周囲を他の構造体に固定し、前記曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定し、膜の弾性力によって音を遮断・吸収するものである。

これにより、膜部材を直接構造体に固定することによって、スティフネス制御により音を遮断又は吸収することができる。

請求の範囲第2項に係る発明は、ポリマーフィルムや金属箔などの膜部材と、格子状、ハニカム状や輪状などの開口を少なくとも1つ以上有する枠体からなり、この枠体に前記膜部材を固定し、前記枠体で囲まれた部分の前記膜部材をドーム形状、かまぼこ形状や円錐形状などの曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定し、膜の弾性力によって音を遮断・吸収するものである。

これにより、軽量の膜部材と、格子状、ハニカム状や輪状など少なくとも1つの開口を持つ枠体からなり、膜部材の周囲を枠体で固定し、膜部材の枠体で囲まれた部分をドーム状や蒲鉾状など曲率を有する形状に形成し、その部分の面内伸縮振動の共振周波数を、可聴周波数帯域又はそれより高い周波数帯域にすることによって、ステイフネス制御により音を遮断又は吸収することができる。

請求の範囲第3項に係る発明は、請求の範囲第1項又は請求の範囲第2項に記載の遮音・吸音構造体において、前記膜部材が曲率を有する形状に保持されるための保持具を備えた。

これにより、保持具によって膜部材に張力とドーム状などの曲率を有する形状を与えて保持することができ、ステイフネス制御による音の遮断又は吸収を行うことができる。

請求の範囲第4項に係る発明は、請求の範囲第1項又は請求の範囲第2項に記載の遮音・吸音構造体において、前記膜部材に張力を与えた。

これにより、膜部材に張力を与えることによってステイフネス制御による音の遮断又は吸収をより効果的に行うことができる。

請求の範囲第5項に係る発明は、請求の範囲第1項又は請求の範囲第2項に記載の遮音・吸音構造体において、前記膜部材の代わりに、プラスチック板、金属板、ベニア板など板部材をドーム形状、かまぼこ形状や円錐形状などの曲率を有する形状に成形して用いた。

これにより、軽量の板部材と、格子状、ハニカム状や輪状など少なくとも1つの開口を持つ枠体からなり、板部材の周囲を枠体で固定し、板部材の枠体で囲まれた部分にドーム状や蒲鉾状など曲率を有する形状に形成し、その部分の面内伸縮振動の共振周波数を、可聴周波数帯域又はそれより高い周波数帯域とすること

によって、スティフネス制御により音を遮断又は吸収することができる。

請求の範囲第6項に係る発明は、支持板の上に弾性体と膜部材を積層し、その上から枠体押し付けることにより、弾性体と膜部材を枠体と支持板によって挟み、膜部材に張力を与えると共に、膜部材をドーム状の曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定し、膜の弾性力によって音を遮断・吸収するものである。

これにより、支持板の上に弾性体と膜部材を積層し、その上から枠体押し付けることにより、弾性体と膜部材を枠体と支持板によって挟み、膜部材に張力を与えると共に、膜部材をドーム状の曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定することによって、スティフネス制御により音を遮断又は吸収することができる。

請求の範囲第7項に係る発明は、弾性体を2枚の膜部材で挟み、更に枠体で弾性体と2枚の膜部材を挟んで、2枚の膜部材に張力を与えると共に、2枚の膜部材をドーム状の曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定し、膜の弾性力によって音を遮断・吸収するものである。

これにより、弾性体を2枚の膜部材で挟み、更に枠体で弾性体と2枚の膜部材を挟んで、2枚の膜部材に張力を与えると共に、2枚の膜部材をドーム状の曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定することによって、スティフネス制御により音を遮断又は吸収することができる。

請求の範囲第8項に係る発明は、請求の範囲第1項乃至請求の範囲第7項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体において、曲率を有する形状に形成した前記膜部材または曲率を有する形状に成形した前記板部材を1次元または2次元に配列した。

これにより、曲率を有する形状に形成した膜部材または曲率を有する形状に成形した板部材を1次元または2次元に配列することによって、広範囲にスティフ

ネス制御により音を遮断又は吸収する遮音・吸音構造体を形成することができる。

請求の範囲第 9 項に係る発明は、請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 8 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体において、面内伸縮振動の共振周波数が可聴域周波数帯域内またはそれ以上となるように、前記膜部材または前記板部材の曲率を有する部位の面密度、弾性率、外周寸法、曲率半径を設定した。

請求の範囲第 10 項に係る発明は、請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 9 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体において、前記膜部材または前記板部材と、これらを固定する枠体を一体に形成した。

請求の範囲第 11 項に係る発明は、請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 10 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体を構成する膜部材または板部材に圧電性部材を付け、この圧電性部材に負性容量を呈する回路を接続した。

これにより、膜部材または板部材に付けた圧電性部材に負性容量を呈する回路を接続することによって、遮音・吸音性能を電氣的に制御することができる遮音・吸音装置を構成することができる。

請求の範囲第 12 項に係る発明は、請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 10 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体を構成する膜部材または板部材を、圧電性を有する部材とし、この部材に負性容量を呈する回路を接続した。

これにより、圧電性を有する膜部材または板部材部材に負性容量を呈する回路を接続することによって、遮音・吸音性能を電氣的に制御することができる遮音・吸音装置を構成することができる。

請求の範囲第 13 項に係る発明は、請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 10 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体を、自動車、電車などの車両、航空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネル、パーティションおよびその他の建築材料、遮音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器などの構造物に適用し、音を遮断・吸収するものである。

請求の範囲第 14 項に係る発明は、請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 10 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体を、自動車、電車などの車両、航空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネル、パーティションおよびその他の建築材料、遮音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器などの構造物

を構成する部材に適用し、音を遮断・吸収するものである。

請求の範囲第 1 5 項に係る発明は、請求の範囲第 1 1 項又は請求の範囲第 1 2 項に記載の遮音・吸音装置を、自動車、電車などの車両、航空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネル、パーティションおよびその他の建築材料、遮
5 音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器などの構造物に適用し、音を遮断・吸収するものである。

請求の範囲第 1 6 項に係る発明は、請求の範囲第 1 1 項又は請求の範囲第 1 2 項に記載の遮音・吸音装置を、自動車、電車などの車両、航空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネル、パーティションおよびその他の建築材料、遮
10 音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器などの構造物を構成する部材に適用し、音を遮断・吸収するものである。

図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明に係る遮音・吸音構造体の第 1 実施の形態を示し、（a）は
15 正面図、（b）は断面図である。

第 2 図は、本発明に係る遮音・吸音構造体の第 2 実施の形態を示し、（a）は正面図、（b）は断面図である。

第 3 図は、本発明に係る遮音・吸音構造体の第 3 実施の形態の断面図である。

第 4 図は、本発明に係る遮音・吸音構造体の第 4 実施の形態の断面図である。

20 第 5 図は、本発明に係る遮音・吸音構造体の第 5 実施の形態の断面図である。

第 6 図は、本発明に係る遮音・吸音構造体の第 6 実施の形態の断面図である。

第 7 図は、本発明に係る遮音・吸音構造体の第 7 実施の形態の断面図である。

第 8 図は、負性容量を呈する電気回路の構成図を示し、（a）は圧電体と負性容量を並列接続した場合、（b）及び（c）は圧電体と負性容量を直列接続した
25 場合である。

第 9 図は、負性容量回路に接続される圧電体と素子の構成図である。

第 1 0 図は、ポリマーフィルムの曲率半径をパラメータとした音響透過損失の周波数特性である。

第 1 1 図は、ポリマーフィルムの厚みをパラメータとした音響透過損失の周波

数特性である。

第 1 2 図は、遮音・吸音構造体の挿入損失の周波数特性である。

第 1 3 図は、ドーム形状に成型した硬質プラスチックを用いたパネルの音響透過損失の周波数特性である。

5 第 1 4 図は、P V D F 膜を負性容量回路で制御した場合の音響透過損失の周波数特性である。

第 1 5 図は、ドーム形状の硬質プラスチックを 2 次元に配列した大型パネルの音響透過損失の周波数特性である。

第 1 6 図は、音響透過損失を対数周波数に対して示すグラフである。

10

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の実施の形態を添付図面（第 1 図～第 1 5 図）に基づいて説明する。

15 本発明に係る遮音・吸音構造体は、ドーム状や蒲鉾状などの曲率を有する形状に形成された従来遮音性能が殆どないとされる軽量の膜部材または板部材と、その周辺を固定する枠体から成る。膜部材または板部材は、平板形状では音圧による歪みが小さく、弾性による遮音性能および弾性損失による吸音性能をほとんど有さない。

20 しかしながら、ドーム状や蒲鉾状などの曲率を有する形状にすると、膜部材または板部材は音圧によって曲率を増減させながら、面内の伸縮振動を生じるようになる。音圧によって膜部材または板部材の面内の伸縮振動を生じさせることにより、膜部材または板部材の弾性による遮音および弾性損失による吸音が可能となる。

25 ドーム状などに成形された膜部材による遮音は、面内の伸縮振動の共振周波数 f_r より低周波数帯域で達成される。式（2）より軽量かつ弾性率の大きな膜部材用いれば、容易に共振周波数 f_r を可聴周波数帯域以上に設定することができる。なお、共振周波数 f_r は、膜の曲率半径、膜部材の厚み、膜部材に与えた張力、枠体で固定された部分の長さに依存するので、共振周波数 f_r を目的の周波数に設定するために、これらを適切に決める必要がある。

周囲が固定され、曲率が与えられた膜部材の音響透過損失TL及び吸音率 α は、次に示す式(3)～式(5)で与えられる。

$$TL = 10 \log_{10} \left[1 + \frac{Y''}{\omega \xi} + \frac{(Y'')^2 + (Y' - \rho \omega^2 R^2)^2}{(2\omega \xi)^2} \right] \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{4\xi\omega Y''}{(Y' - \rho\omega^2 R^2)^2 + (Y'' + \omega\xi)^2} \quad (4)$$

$$\xi = \rho_0 c_0 R^2 / h \quad (5)$$

ここで、 Y' は膜部材の面内の弾性率、 Y'' は膜部材の面内の弾性損失、 ω は角周波数、 ρ は膜部材の密度、 h は膜部材の厚さ、 R は膜部材の曲率半径、 ρ_0 は空気の密度、 c_0 は空気の音速である。

式(3)～式(5)によれば、音響透過損失TL及び吸音率 α は、 R に反比例するので、膜部材が平板状の時($R=\infty$)のときに最小で、 R が小さくなるにつれて増加する。

なお、本発明に係る遮音・吸音構造体は、上記原理をしばしば大面積が要求される遮音構造体として具現化するため、最適な構造、材料、手法を提供するものであり、音に対して剛な枠体と曲率が与えられた膜部材または板部材を組み合わせたものである。枠体が平板状の場合には、音によって枠体自身に撓みが生じ、遮音性能が劣化することがある。枠体を湾曲させれば、音による枠体の撓みを減少させることができ、遮音性能の劣化を防ぐことができる。

本発明に係る遮音・吸音構造体の第1実施の形態は、第1図に示すように、ドーム状の曲率を有する形状に形成された膜部材1と、膜部材1の縁部を両面から挟持して固定する輪状の枠体2からなる。膜部材1としては、アルミ箔などの金属箔又はポリエチレンフィルムなどのポリマーフィルムなど用いられる。縁部を枠体2で固定された膜部材1の形状としては、ドーム状の他、蒲鉾状や円錐状などの曲率を有する形状でもよい。また、枠体2の形状としては輪状の他、四角形状(格子状)や六角形状(ハニカム状)などでもよく、枠体2の材質としてはプラスチックや金属などでもよい。

膜部材の代わりとして、アクリルやポリエチレンテレフタレートなどのプラス

チック板、アルミなどの金属板、ベニア板などの板部材を、ドーム形状、かまぼこ形状や円錐形状などの曲率を有する形状に成形して用いることもできる。

また、遮音・吸音構造体の第2実施の形態は、第2図に示すように、4箇所
5 状の周りを両面から挟持して固定する四角形状（格子状）の枠体4から構成することもできる。なお、膜部材3に形成されるドーム状などの曲率を持つ形状の個数は、4個に限らず複数であってよい。そして、膜部材3に形成されるドーム状などの曲率を持つ形状の個数に合うように枠体4を形成すればよい。

更に、遮音・吸音構造体の第3実施の形態は、第3図に示すように、ドーム状
10 や蒲鉾状などに形成した保持具としての金属メッシュ5に、輪状の枠体2で両面から挟持された膜部材1をあてがい、膜部材1に張力とドーム状などの曲率を持つ形状を与えて構成することもできる。

第4図に示す遮音・吸音構造体の第4実施の形態は、ドーム状に形成した複数の
15 金属メッシュ5に、格子状の枠体4で両面から挟持された膜部材3をあてがい、膜部材3に張力とドーム状の曲率を持つ形状を与えて構成した場合である。

また、第5図に示す遮音・吸音構造体の第5実施の形態は、第3実施の形態において膜部材1と金属メッシュ3との間に保護材としてスポンジなどの弾性体6を設けたものである。

遮音・吸音構造体の第6実施の形態は、第6図に示すように、支持板7の上に
20 弾性体6と膜部材3を積層し、その上から格子状の枠体4を押し付けることにより、弾性体6と膜部材3を枠体4と支持板7によって挟み、膜部材3に張力を与えると共に、膜部材3をドーム状の曲率を持つ形状に形成して構成した。

また、第7図に示す遮音・吸音構造体の第7実施の形態は、弾性体6を2枚の
25 膜部材1で挟み、更に枠体2で弾性体6と2枚の膜部材1を挟んで、2枚の膜部材1に張力を与えると共に、2枚の膜部材1をドーム状の曲率を持つ形状に形成して構成した。

弾性体6として、ガラスウールやロックウールなど吸音性を持つ材料（吸音材）を用いることで、吸音効果を付加することができる。また、膜部材1の代わりに、プラスチックプレート、金属板やベニア板などの板部材をドーム状や蒲鉾

状などの曲率を持つ形状に成形して用いてもよい。

第1図～第7図に示すいずれの遮音・吸音構造体も、遮音性能および吸音性能は枠体2, 4で囲まれた部分における膜部材1, 3の面内伸縮振動の共振周波数 f_r に依存する。この共振周波数 f_r が可聴周波数帯域又はそれ以上となるように、

5 膜部材1, 3の面密度と弾性率、枠体2, 4で囲われた部分の長さや曲率半径と張力を設定することが重要である。

また、遮音・吸音構造体を構成する膜部材1, 3として、圧電性を有する材料（圧電体）を用い、その両面に電極を設け、負性容量を呈する電気回路（負性容量回路）を、負の容量を持つコンデンサが並列又は直列接続となることと等価に

10 なるように接続すれば、膜部材1, 3の弾性率を電気的に変えることによって、遮音特性および吸音特性を人為的に変えることができる遮音・吸音装置を構成することができる。

圧電体としては、ポリフッ化ビニリデン、フッ化ビニリデン系共重合体、ポリ乳酸、ポリ酢酸ビニル、セルロースなどの圧電性ポリマー、PZTなどの圧電性

15 セラミックまたは圧電材料とポリマー材料の複合材料などが挙げられる。

第8図に負性容量回路8a, 8b, 8cを示す。第8図(a)に示す負性容量回路8aでは圧電体9の弾性率を上げることができ、第8図(b)と第8図(c)に示す負性容量回路8b, 8cでは弾性率を下げる事ができる。いずれの負性容量回路8a, 8b, 8cを接続した場合でも、圧電体9の弾性率は、圧

20 電体9と負性容量回路8a, 8b, 8cの電気的損失がほぼ一致した周波数で変化する。

第8図に示す素子Z0は、抵抗とコンデンサで構成された素子である。コンデンサとして圧電材料と同じ材料で作製されたコンデンサを用いれば、周波数によらず一様に圧電体9の弾性率を変化させることができる。第8図(a)～第8図

25 (c)に示す素子Z1および素子Z2は、抵抗、コンデンサおよびコイルの少なくとも一つで構成される。第8図(a)及び第8図(b)に示す負性容量回路8a, 8bの容量は、素子Z0の容量と、素子Z2と素子Z1のインピーダンス比(Z_2/Z_1)の積で表される。

また、第8図(c)に示す負性容量回路8cでは、素子Z0に、 $-Z_3 \times Z_5/Z$

4で表される素子が並列接続されている。負性容量回路8cの容量は、素子Z0に、 $-Z3 \times Z5 / Z4$ で表される素子が並列接続された容量と、インピーダンス比($Z2 / Z1$)の積で表される。素子Z1およびZ2を一つの可変抵抗で構成すれば、負性容量回路8a, 8b, 8cの容量を可変とすることができる。

- 5 負性容量回路8a, 8b, 8cに接続される圧電体9には、第9図に示すように、素子11, 12, 13が接続される。素子11～素子13は抵抗、コンデンサ、コイルのうち1つ以上で構成されるか、素子11を開放し、素子12と素子13を短絡することもできる。

本発明に係る遮音・吸音構造体に関する遮音特性の評価結果を第10図に示す。

- 10 平坦な形状を持つポリマーフィルムと、背後より金属メッシュをあてがい10cmまたは5cmの曲率半径を与えたポリマーフィルムについて、音響管を用いて垂直入射透過損失を測定した。

平坦なポリマーフィルムの場合では、音響透過損失は数dB程度で遮音性能を示さないのに対し、10cmの曲率半径を与えたポリマーフィルムの場合では、
15 音響透過損失は10～20dB以上増加し、スティフネス制御に特有な低周波数になるにつれて増加する傾向を示した。

- 更に、ポリマーフィルムの曲率半径を10cmから5cmにすると、音響透過損失は更に5dB程度増加した。このように、ポリマーフィルムに曲率を与えると、スティフネス制御の遮音特性を示すようになり、曲率半径が小さくなるにつれて遮音効果が増大することが分かる。
20

次に、ドーム状に成形され、かつ張力が与えられた厚み12ミクロン、40ミクロンおよび80ミクロンのポリマーフィルムにおける音響透過損失の周波数特性を第11図に示す。音響透過損失はポリマーフィルムが厚くなるにつれて増加した。

- 25 次に、2.5cm×2.5cmの正方形の格子を縦横10×10に配列した枠体にポリマーフィルムを固定し、各格子に囲まれたポリマーフィルムにドーム状に成形した金属メッシュを圧入して、ポリマーフィルムをドーム状に成形し、ドーム状に成形したポリマーフィルムを2次元に配列した遮音・吸音構造体を作製し、この遮音・吸音構造体の挿入損失を、小型残響箱を用いて測定した。併せて、板

厚1 cmの平板ベニア板、前記遮音・吸音構造体に板厚1 cmのベニア板を張り合わせて2重壁とした遮音・吸音構造体についても評価を行った。

第12図に評価結果を示す。本発明に係る遮音・吸音構造体の挿入損失は、ステイフネス制御に特有の周波数が低くなるにつれて大きくなる傾向を示した。一方、ベニア板の挿入損失は、質量則に特有の周波数が高くなるにつれて大きくなる傾向を示した。これらを組み合わせた2重壁では、100 Hzから20 kHzにかけて20 dB以上の挿入損失が得られた。

第13図は、ドーム形状に成型した硬質プラスチックを用いたパネルの遮音性能を周波数に対して示したグラフである。20 cm×30 cmサイズの長方形アルミ板（厚さ1 cm）の中央に14 cm×24 cmの長方形の開口部を設け、高さ3 cmのドーム形状に成型した厚さ1.5 mmのポリエチレンテレフタレート（PET）板を挿入した。板の周囲を2枚のアルミ枠で両方向より挟み固定した。

1 kHz以上では高周波になるにつれて遮音性能が向上する、いわゆる板の質量による遮音の傾向が見られる。一方、1 kHz以下では、遮音性能に周波数依存性が見られず約30 dBで一定となる結果が得られた。これは、ドーム形状に成形したプラスチック板の弾性による遮音が働いているためである。

第14図は、前記パネルのプラスチック板をPVD F膜とし、更に負性容量回路によって制御を与えたことによる遮音性能制御の結果である。前述の硬質プラスチックに比べ膜の弾性力が小さい分、面内伸縮振動の共振周波数が低周波側に移る。膜本来の遮音性能は300 Hz以上で質量による効果を、300 Hz以下で弾性効果に特有な低周波になるにつれて遮音性能が上昇する傾向を示す。回路制御によって、パネルの遮音性能は100 Hzから1 kHzにかけて最大20 dB増加した。

第15図にドーム形状の硬質プラスチックを2次元に配列した大型パネルの遮音性能の周波数特性を示す。パネルの外周寸法は約1.2 m×1.6 mである。これに4 cm×4 cmの正方形、曲率半径4 cmのドーム形状に成形した厚さ1.5 mmのPET板を2次元に配列した。20 cm×30 cmサイズのPET板にドーム形状を5行×3列となるように15カ所設け、各々のドーム形状をアルミ枠で固定した。これを1ユニットとし、更に6行×5列となるように30ユニッ

ト配列した。大型パネルの遮音性能は、100Hz～1kHzで20dB以上の遮音性能を維持することを示した。

これらの結果は、本発明が小型の構造体のみならず大型の遮音壁に至るまで、ドーム型の膜または板の弾性力による遮音を実現した遮音構造体を提供すること
5 を意味している。

産業上の利用可能性

本発明によれば、軽量の膜部材と、格子状、ハニカム状や輪状など少なくとも1つの開口を持つ枠体からなり、膜部材の周囲を枠体で固定し、膜部材の枠体で
10 囲われた部分をドーム状や蒲鉾状など曲率を有する形状に形成し、その部分の面内伸縮振動の共振周波数を、可聴周波数帯域又はそれより高い周波数帯域にすることによって、スティフネス制御により音を遮断又は吸収することができる。

また、支持板の上に弾性体と膜部材を積層し、その上から枠体を押し付けることにより、弾性体と膜部材を枠体と支持板によって挟み、膜部材に張力を与える
15 と共に、膜部材をドーム状の曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定することによって、スティフネス制御により音を遮断又は吸収することができる。

また、遮音・吸音構造体を構成する膜部材または板部材に圧電性部材を付け、
20 この圧電性部材に負性容量を呈する回路を接続したり、遮音・吸音構造体を構成する膜部材または板部材を、圧電性を有する部材とし、この部材に負性容量を呈する回路を接続したりすることによって、遮音・吸音性能を電氣的に制御することができる遮音・吸音装置を構成することができる。

また、遮音・吸音構造体及び遮音・吸音装置は、自動車、電車などの車両、航
25 空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネル、パーティションおよびその他の建築材料、遮音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器など、音の遮断・吸収が要求されるあらゆる構造物及びこれを構成する部材に適用することができる。

請求の範囲

1. ポリマーフィルムや金属箔などの膜部材をドーム形状、かまぼこ形状や円錐形状などの曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の周囲を他の構造体に固定し、前記曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定し、膜の弾性力によって音を遮断・吸収することを特徴とする遮音・吸音構造体。
2. ポリマーフィルムや金属箔などの膜部材と、格子状、ハニカム状や輪状などの開口を少なくとも1つ以上有する枠体からなり、この枠体に前記膜部材を固定し、前記枠体で囲まれた部分の前記膜部材をドーム形状、かまぼこ形状や円錐形状などの曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定し、膜の弾性力によって音を遮断・吸収することを特徴とする遮音・吸音構造体。
3. 請求の範囲第1項又は請求の範囲第2項に記載の遮音・吸音構造体において、前記膜部材が曲率を有する形状に保持されるための保持具を備えたことを特徴とする遮音・吸音構造体。
4. 請求の範囲第1項又は請求の範囲第2項に記載の遮音・吸音構造体において、前記膜部材に張力を与えたことを特徴とする遮音・吸音構造体。
5. 請求の範囲第1項又は請求の範囲第2項に記載の遮音・吸音構造体において、前記膜部材の代わりに、プラスチック板、金属板、ベニア板などの板部材をドーム形状、かまぼこ形状や円錐形状などの曲率を有する形状に成形して用いたことを特徴とする遮音・吸音構造体。
6. 支持板の上に弾性体と膜部材を積層し、その上から枠体を押し付けることにより、弾性体と膜部材を枠体と支持板によって挟み、膜部材に張力を与えると

共に、膜部材をドーム状の曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定し、膜の弾性力によって音を遮断・吸収することを特徴とする遮音・吸音構造体。

5

7. 弾性体を2枚の膜部材で挟み、更に枠体で弾性体と2枚の膜部材を挟んで、2枚の膜部材に張力を与えると共に、2枚の膜部材をドーム状の曲率を有する形状に形成し、この曲率を有する形状の面内伸縮の共振周波数を可聴周波数帯域または可聴周波数帯域よりも高い周波数に設定し、膜の弾性力によって音を遮断・
10 吸収することを特徴とする遮音・吸音構造体。

8. 請求の範囲第1項乃至請求の範囲第7項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体において、曲率を有する形状に形成した前記膜部材または曲率を有する形状に成形した前記板部材を、1次元または2次元に配列したことを特徴とする遮
15 音・吸音構造体。

9. 請求の範囲第1項乃至請求の範囲第8項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体において、面内伸縮振動の共振周波数が可聴域周波数帯域内またはそれ以上となるように、前記膜部材または前記板部材の曲率を有する部位の面密度、弾性
20 率、外周寸法、曲率半径を設定したことを特徴とする遮音・吸音構造体。

10. 請求の範囲第2項乃至請求の範囲第9項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体において、前記膜部材または前記板部材と、これらを固定する枠体を一体に形成したことを特徴とする遮音・吸音構造体。

25

11. 請求の範囲第1項乃至請求の範囲第10項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体を構成する膜部材または板部材に圧電性部材を付け、この圧電性部材に負性容量を呈する回路を接続したことを特徴とする遮音・吸音装置。

1 2. 請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 1 0 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体を構成する膜部材または板部材を、圧電性を有する部材とし、この部材に負性容量を呈する回路を接続したことを特徴とする遮音・吸音装置。

- 5 1 3. 請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 1 0 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体を、自動車、電車などの車両、航空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネル、パーティションおよびその他の建築材料、遮音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器などの構造物に適用し、音を遮断・吸収することを特徴とする遮音・吸音構造体を適用した構造物。

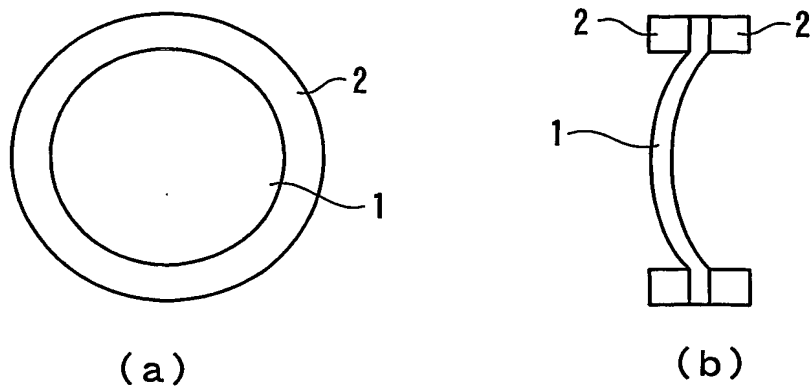
10

- 1 4. 請求の範囲第 1 項乃至請求の範囲第 1 0 項のいずれかに記載の遮音・吸音構造体を、自動車、電車などの車両、航空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネル、パーティションおよびその他の建築材料、遮音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器などの構造物を構成する部材に適用し、
15 音を遮断・吸収することを特徴とする遮音・吸音構造体を適用した構造物を構成する部材。

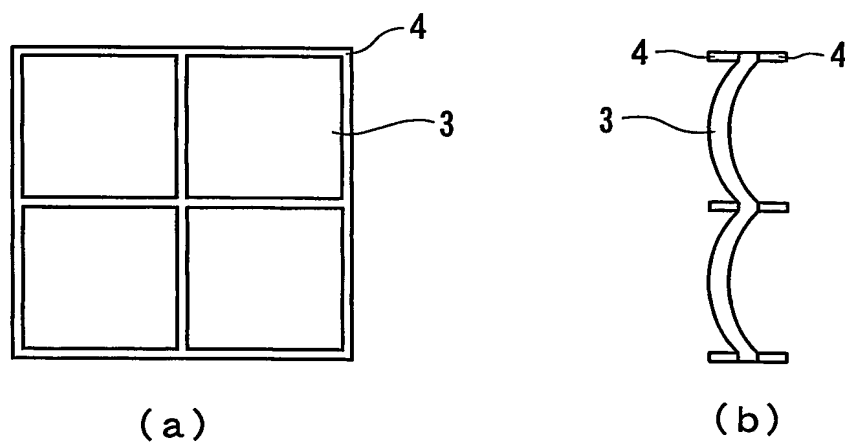
- 1 5. 請求の範囲第 1 1 項又は請求の範囲第 1 2 項に記載の遮音・吸音装置を、自動車、電車などの車両、航空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネ
20 ル、パーティションおよびその他の建築材料、遮音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器などの構造物に適用し、音を遮断・吸収することを特徴とする遮音・吸音装置を適用した構造物。

- 1 6. 請求の範囲第 1 1 項又は請求の範囲第 1 2 項に記載の遮音・吸音装置を、
25 自動車、電車などの車両、航空機、船舶およびその他の輸送機器（乗物）、パネル、パーティションおよびその他の建築材料、遮音壁、防音壁、建造物、室、電気機器、機械、音響機器などの構造物を構成する部材に適用し、音を遮断・吸収することを特徴とする遮音・吸音装置を適用した構造物を構成する部材。

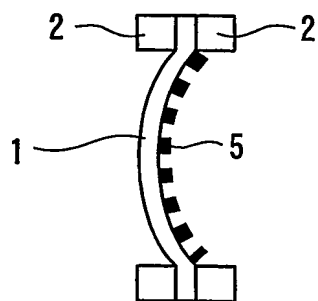
第1図



第2図

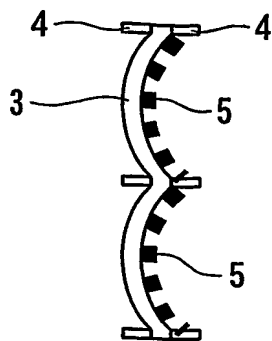


第3図

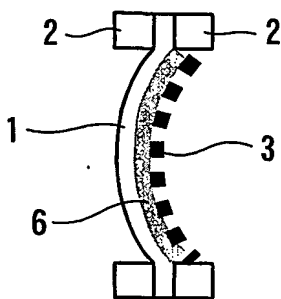


2/7

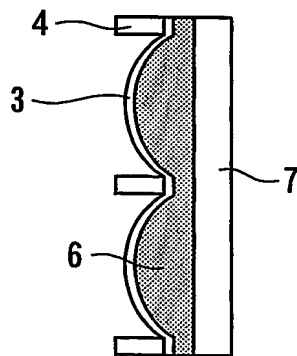
第4図



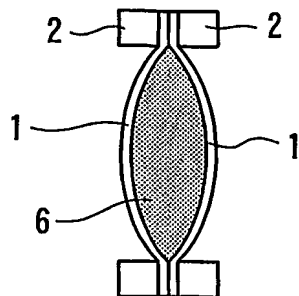
第5図



第6図

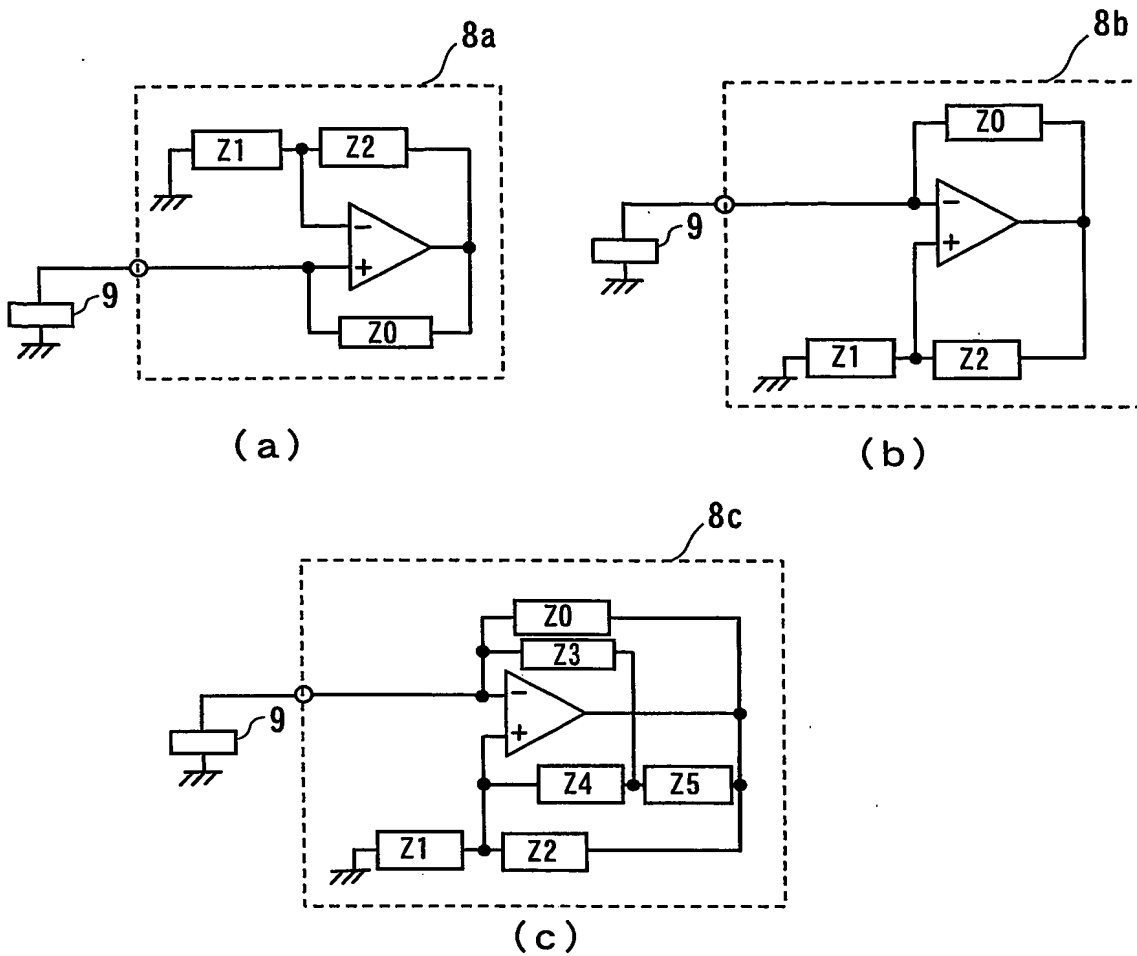


第7図

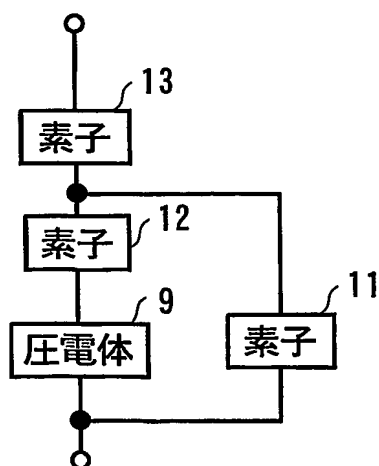


3/7

第8図

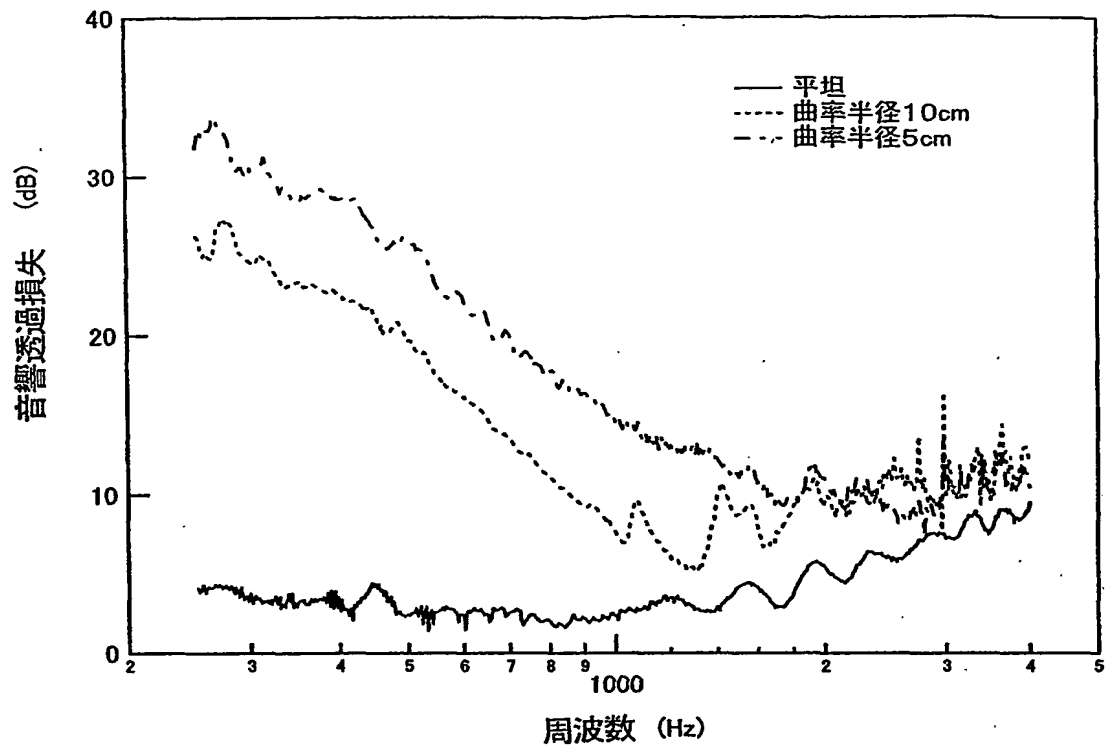


第9図

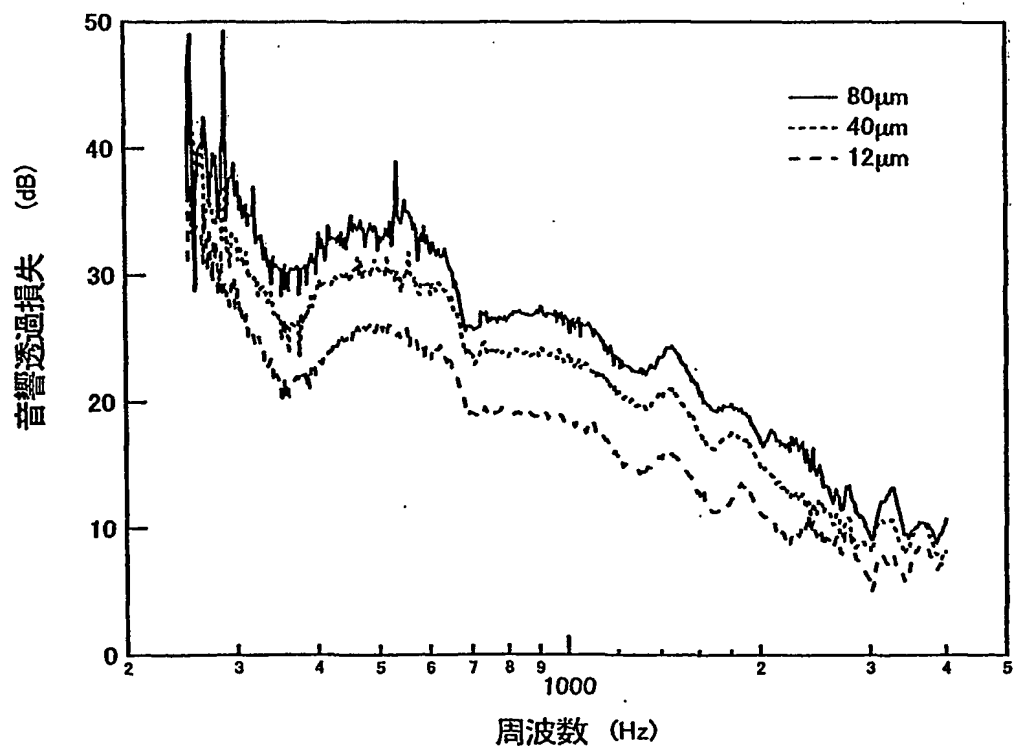


4/7

第10図

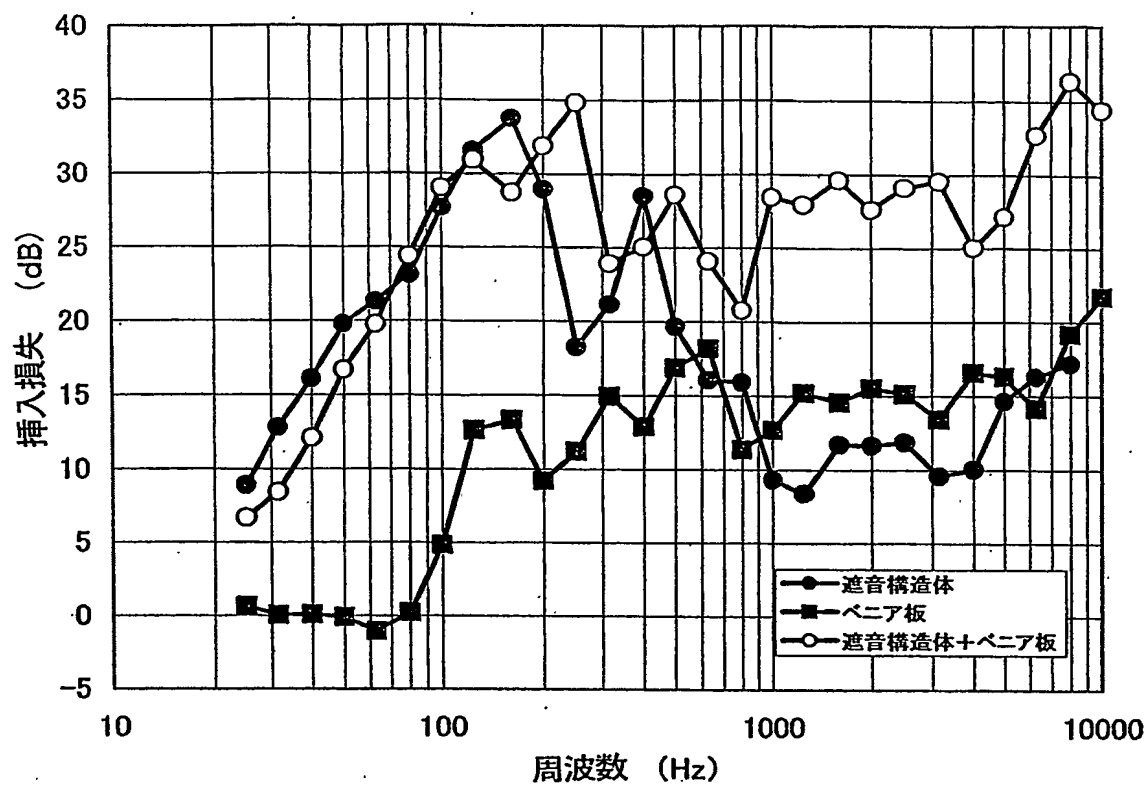


第11図

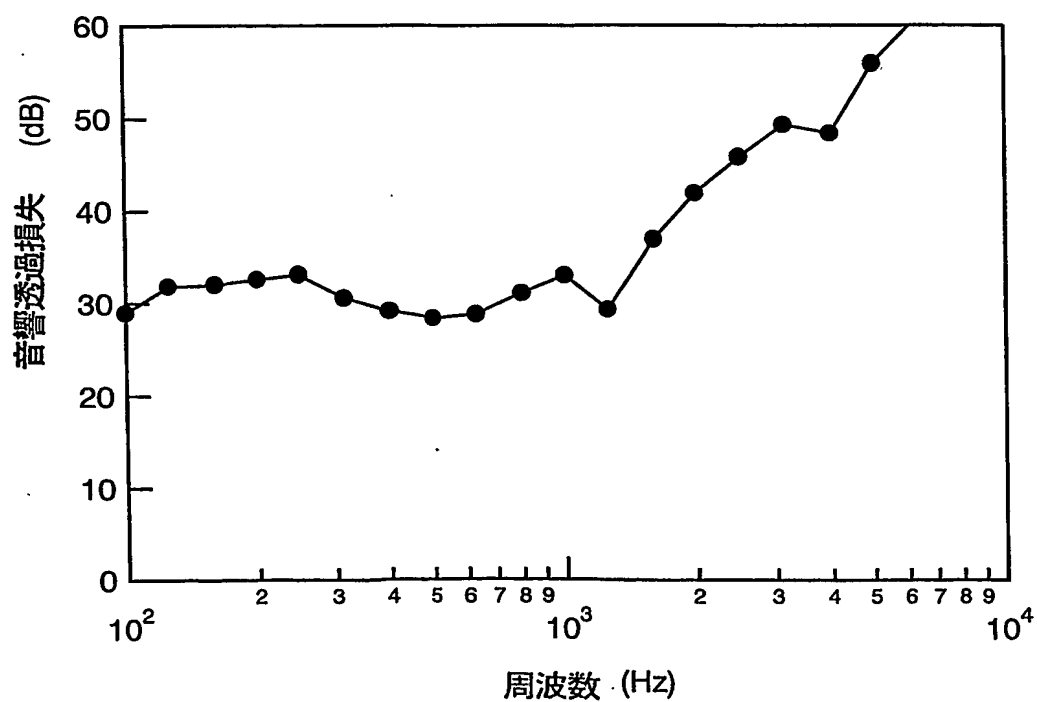


5/7

第12図

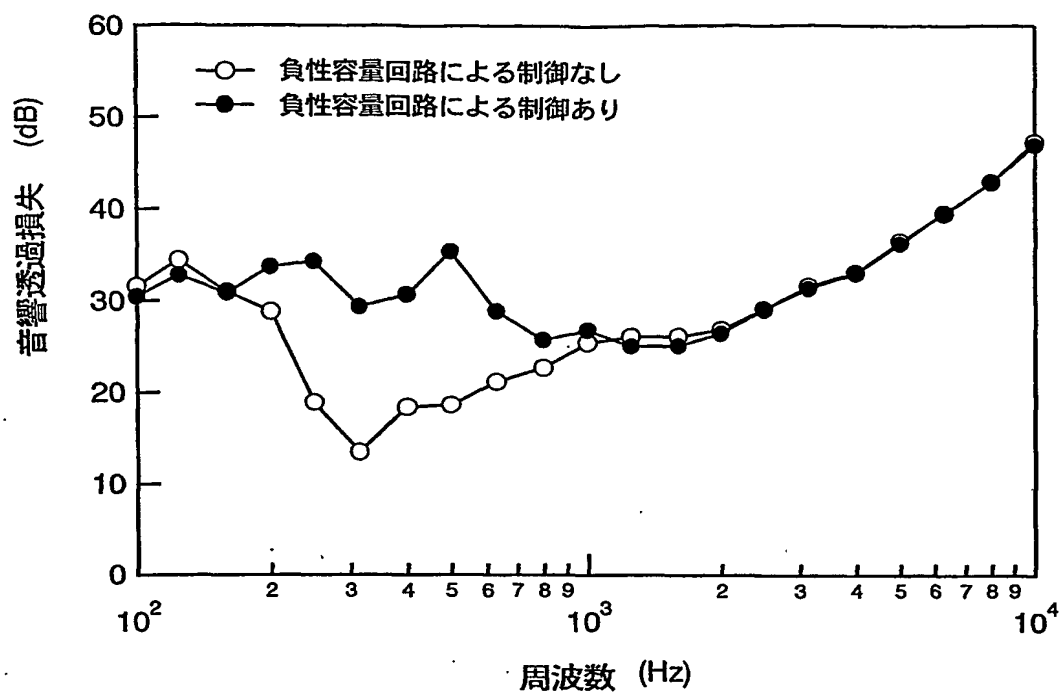


第13図

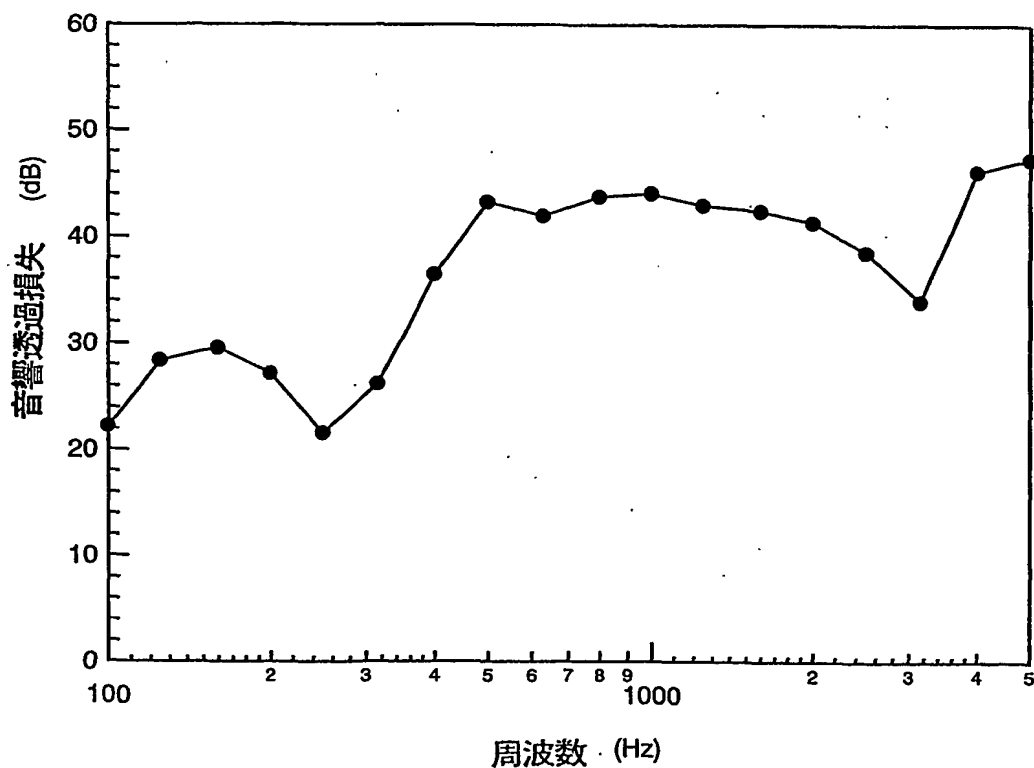


6/7

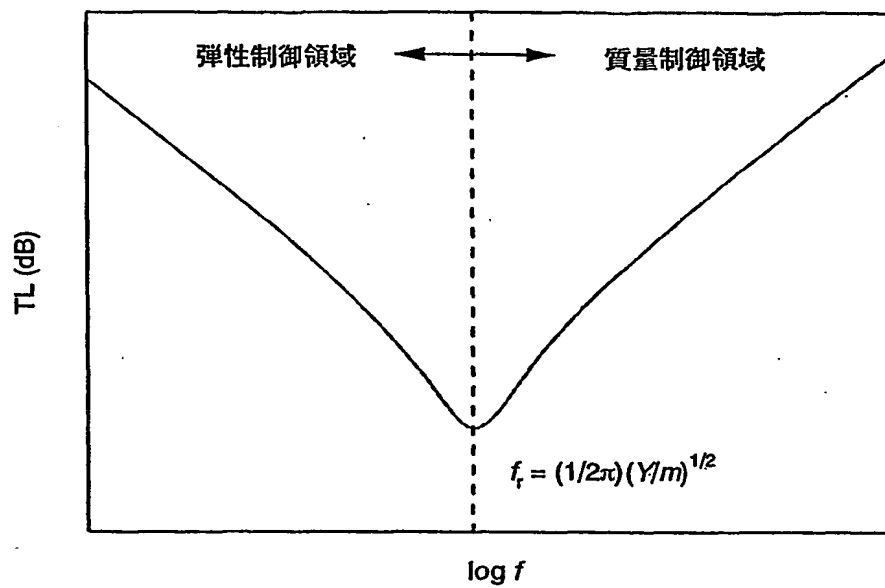
第14図



第15図



第16図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007639

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G10K11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G10K11/16, E01F8/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-205173 A (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), 04 August, 1998 (04.08.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-6, 8-10, 13-14
A	JP 55-134250 A (Jörg Imhof), 18 October, 1980 (18.10.80), Full text; all drawings & DE 3001479 A & EP 14192 A1 & US 4355064 A	1-6, 8-10, 13-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 August, 2004 (20.08.04)

Date of mailing of the international search report
07 September, 2004 (07.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007639

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 62-121270 A (Noel, Marquet & Cie. S.A.), 02 June, 1987 (02.06.87), Full text; all drawings & FR 2590297 A & GB 2185049 A & US 4753841 A & CH 672674 A	1-6, 8-10, 13-14
A	JP 11-29999 A (Itoon), 02 February, 1999 (02.02.99), Full text; all drawings & WO 98/15943 A1 & CA 2268267 A & US 6173806 B1	7
P, A	JP 2003-166298 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 13 June, 2003 (13.06.03), Full text; all drawings (Family: none)	7
A	JP 10-268874 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 09 October, 1998 (09.10.98), Full text; all drawings (Family: none)	11-12, 15-16
A	JP 11-161284 A (The Institute of Physical and Chemical Research), 18 June, 1999 (18.06.99), Full text; all drawings & US 6075308 A	11-12, 15-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G10K11/16

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G10K11/16, E01F8/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-205173 A(旭化成工業株式会社)1998. 08. 04 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6, 8-10, 13-14
A	JP 55-134250 A(ジエルク・インホーフ)1980. 10. 18 全文, 全図 & DE 3001479 A & EP 14192 A1 & US 4355064 A	1-6, 8-10, 13-14
A	JP 62-121270 A(ノエル マルケ エ コンパニー エス アー) 1987. 06. 02, 全文, 全図 & FR 2590297 A & GB 2185049 A & US 4753841 A & CH 672674 A	1-6, 8-10, 13-14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 08. 2004

国際調査報告の発送日

07. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松澤 福三郎

5C

7254

電話番号 03-3581-1101 内線 3540

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-29999 A(株式会社イトオン)1999. 02. 02 全文, 全図 & WO 98/15943 A1 & CA 2268267 A & US 6173806 B1	7
PA	JP 2003-166298 A(三菱重工業株式会社)2003. 06. 13 全文, 全図 (ファミリーなし)	7
A	JP 10-268874 A(株式会社村田製作所)1998. 10. 09 全文, 全図 (ファミリーなし)	11-12, 15-16
A	JP 11-161284 A(理化学研究所)1999. 06. 18 全文, 全図 & US 6075308 A	11-12, 15-16